



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 31 729.1

Anmeldetag: 13. Juli 2002

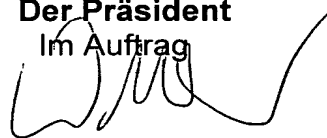
Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Bauelement und Verfahren zu dessen Herstellung

IPC: B 81 B, B 81 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Welter



R. 42291

5

Bauelement und Verfahren zu dessen Herstellung

Stand der Technik

10

15

Die Erfindung betrifft ein Bauelement mit einer oberflächenmikromechanischen Struktur, die sowohl bewegliche Elemente als auch unbewegliche Elemente umfasst. Die oberflächenmikromechanische Struktur des Bauelements ist in einer funktionellen Schicht ausgebildet, die über mindestens eine elektrisch nicht leitende erste Isolationsschicht und mindestens eine erste Opferschicht mit einem Substrat verbunden ist, wobei die beweglichen Elemente der oberflächenmikromechanischen Struktur durch Entfernen der ersten Opferschicht freigelegt sind.

20

25

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Bauelements. Dazu wird mindestens eine erste elektrisch nicht leitende Isolationsschicht auf ein Substrat aufgebracht. Über der ersten Isolationsschicht wird mindestens eine erste Opferschicht erzeugt, auf die dann eine funktionelle Schicht aufgebracht wird. Die oberflächenmikromechanische Struktur des Bauelements wird in der funktionellen Schicht definiert und die beweglichen Elemente der oberflächenmikromechanischen Struktur werden durch Entfernen der ersten Opferschicht freigelegt.

30

Aus der Praxis sind Bauelemente mit einer oberflächenmikromechanischen Struktur bekannt, bei denen sowohl die auf das Substrat aufgebrachte Isolationsschicht als auch die Opferschicht in Form einer Siliziumoxidschicht realisiert sind. Zum Freilegen der beweglichen Elemente der oberflächenmikromechanischen Struktur wird das Siliziumoxid zumindest in den Bereichen unter den beweglichen Elementen entfernt, wozu in der Regel ein HF-Ätzmedium eingesetzt wird. Dabei werden aber regelmäßig auch andere Teile der Bauelementestruktur unterätzt, da

es sich bei diesem Ätzverfahren um einen rein zeitgesteuerten, isotropen Prozess ohne designgesteuerten Ätzstopp handelt.

5 Bauelemente mit einem Schichtaufbau, wie er voranstehend beschrieben worden ist, erweisen sich in mehrerlei Hinsicht als problematisch. So kann die mechanische Verankerung von unbeweglichen Elementen der oberflächenmikromechanischen Struktur eines derartigen Bauelements nur gewährleistet werden, wenn diese Elemente gewisse Mindestabmessungen aufweisen, so dass sie beim Opferschichtätzen nicht vollständig unterätzt und so vom Substrat abgelöst werden.
10 Daneben können Probleme bei der elektrischen Anbindung der funktionellen Schicht des Bauelements auftreten. Oftmals werden Elektroden, die als unbewegliche Elemente in der oberflächenmikromechanischen Struktur ausgebildet sind, über eine strukturierte Leiterbahnschicht elektrisch kontaktiert, die zwischen der auf dem Substrat aufgetragenen Isolationsschicht und der Opferschicht angeordnet ist.
15 Sind die Isolationsschicht und die Opferschicht aus demselben Material, nämlich aus Siliziumoxid, so wird die strukturierte Leiterbahnschicht beim Opferschichtätzen zumindest in ihren Randbereichen regelmäßig unterätzt. In diesen Bereichen können sich dann sehr einfach Schmutzpartikel anlagern oder festsetzen und einen Kurzschluss zum Substrat verursachen.

20

Vorteile der Erfindung

25 Mit der vorliegenden Erfindung wird ein Konzept für eine designgesteuerte Begrenzung beim Entfernen der Opferschicht vorgeschlagen. Die erfindungsgemäßen Maßnahmen ermöglichen gleichzeitig eine zuverlässige elektrische Isolation der oberflächenmikromechanischen Struktur gegen das Substrat des Bauelements und eine zuverlässige mechanische Verankerung von unbeweglichen Elementen der oberflächenmikromechanischen Struktur mit dem Substrat.

30

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass die Isolationsschicht, die auf das Substrat aufgebracht wird, aus einem Material gebildet wird, das durch den Prozess zum Entfernen der Opferschicht nicht wesentlich angegriffen wird.

Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass der Isolationsschicht und der Opferschicht sowohl bei der Herstellung des Bauelements als auch im Rahmen der eigentlichen Bauelementefunktion unterschiedliche Funktionen zukommen. Dementsprechend werden erfindungsgemäß Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften für die Isolationsschicht und die Opferschicht gewählt. Das Material der Isolationsschicht muss in erster Linie elektrisch isolierend sein. Das Material der Opferschicht muss sich – entsprechend der Hauptfunktion der Opferschicht – einfach entfernen lassen, auch wenn weitere Schichten auf der Opferschicht aufgebracht sind und die Opferschicht selbst nur über verhältnismäßig kleine Öffnungen in diesen Schichten zugänglich ist. Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass das Material der Isolationsschicht vorteilhafterweise außerdem noch resistent gegen den Angriff der Opferschicht sein sollte. Erfindungsgemäß muss also das Material der Isolationsschicht in Abhängigkeit vom Material der Opferschicht und dem jeweils verwendeten Verfahren zum Entfernen der Opferschicht gewählt werden.

Üblicherweise wird die Opferschicht im Rahmen eines zeitgesteuerten isotropen Ätzverfahrens entfernt. In diesem Fall kann mit Hilfe der erfindungsgemäß realisierten Isolationsschicht ein designgesteuerter, d.h. ein wohldefinierter, Ätzstopp realisiert werden. Die erfindungsgemäße Maßnahme trägt hier also wesentlich zur Fertigungssicherheit bei. Mit einem designgesteuerten Ätzstopp erübrigt sich nicht nur die Einhaltung von definierten Ätzzeiten. Ein designgesteuerter Ätzstopp ermöglicht auch insgesamt längere Ätzzeiten und damit größere Unterätzweiten in vorab definierten Bereichen. Eine als Ätzstopp gegen das Opferschichtätzen wirkende Isolationsschicht trägt außerdem zur Miniaturisierung des Bauelements bei, da sie die Realisierung von elektrisch isolierten Verankerungen zwischen der funktionellen Schicht und dem Substrat in beliebiger Größe ermöglicht. Die Mindestgröße wird hier lediglich durch die mechanische Stabilität der Verankerung begrenzt.

Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten für die Realisierung des erfindungsgemäßen Konzepts im Rahmen eines Bauelements bzw. eines Verfahrens zu dessen Herstellung.

Wie bereits erwähnt, wird die Isolationsschicht auf ein Substrat aufgebracht. Je nach Art des herzustellenden Bauelements kann die Isolationsschicht dann zunächst strukturiert werden, bevor weitere Schichten aufgebracht werden. Dabei sollte die Isolationsschicht zumindest in den Bereichen der unbeweglichen Elemente verbleiben, um zu verhindern, dass sich diese Elemente beim Entfernen der Opferschicht vom Substrat lösen. Außerdem kann so gewährleistet werden, dass diese Elemente gegen das Substrat elektrisch isoliert sind, was insbesondere im Fall von Elektroden wesentlich ist.

In der Regel wird auch die Opferschicht strukturiert, bevor weitere Schichten aufgebracht werden. Dabei wird die Opferschicht zumindest in den Bereichen der unbeweglichen Elemente entfernt, so dass die funktionelle Schicht in diesen Bereichen direkt auf eine Schicht aufwachsen kann, die beim Entfernen der Opferschicht nicht angegriffen wird.

Bei Bauelementen der hier in Rede stehenden Art besteht die Möglichkeit, in der funktionellen Schicht Elektroden als feststehende, unbewegliche Elemente auszubilden und diese Elektroden über eine strukturierte Leiterbahnschicht über der Isolationsschicht zu kontaktieren. In einer vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird deshalb eine elektrisch leitende Schicht auf die Isolationsschicht aufgebracht und noch vor dem Aufbringen weiterer Schichten, insbesondere der Opferschicht und der funktionellen Schicht, strukturiert. In diesem Fall werden bei der Strukturierung der Opferschicht Kontaktlöcher zur elektrischen Anbindung der funktionellen Schicht an die strukturierte elektrisch leitende Schicht erzeugt, die im Folgenden auch als Leiterbahnschicht bezeichnet wird.

In der Praxis werden Bauelemente der hier in Rede stehenden Art häufig mit einer Kappenmembran versehen, durch die die oberflächenmikromechanische Struktur des Bauelements geschützt wird. Eine solche Kappenmembran wird üblicherweise über unbewegliche Elemente in der funktionellen Schicht mit dem Substrat verankert. Dazu umfasst die oberflächenmikromechanische Struktur oftmals sogenannte Stützelemente, die nur dazu dienen, die für die Kappenmembran erforderliche Stabilität zu gewährleisten. Auch in diesem Zusammenhang lässt sich das erfindungsgemäße Konzept in vorteilhafter Weise anwenden.

So wird vorgeschlagen, zur Realisierung eines erfindungsgemäßen Bauelements mit einer Kappenmembran mindestens eine zweite Isolationsschicht und mindestens eine zweite Opferschicht über der oberflächenmikromechanischen Struktur des Bauelements zu erzeugen. Diese zweite Opferschicht wird dann strukturiert und dabei zumindest im Bereich der unbeweglichen Elemente der oberflächenmikromechanischen Struktur entfernt. Über der strukturierten zweiten Opferschicht wird dann mindestens eine Membranschicht aufgebracht und ebenfalls strukturiert. Dabei werden Öffnungen in der Membranschicht erzeugt, über die die zweite und ggf. auch die erste Opferschicht entfernt werden können, so dass die beweglichen Elemente der oberflächenmikromechanischen Struktur freigelegt werden. Erfindungsgemäß soll nun auch das Material der zweiten Isolationsschicht in Abhängigkeit vom Material der zweiten Opferschicht und dem jeweils verwendeten Verfahren zum Entfernen der zweiten Opferschicht gewählt werden, und zwar so, dass das Material der zweiten Isolationsschicht durch den Prozess zum Entfernen der zweiten Opferschicht nicht wesentlich angegriffen wird.

Als besonders vorteilhaft erweist es sich, wenn beide Opferschichten aus demselben Material gebildet sind. In diesem Falle können auch die beiden Isolationsschichten aus einem – entsprechend gewählten – Material gebildet werden. Außerdem können die beiden Opferschichten dann in einem Verfahrensschritt entfernt werden.

Das voranstehend beschriebene, erfindungsgemäße Konzept eröffnet die Möglichkeit, die Kappenmembran über alle unbeweglichen Elemente der oberflächenmikromechanischen Struktur des Bauelements mit dem Substrat zu verankern, insbesondere auch über unbewegliche Elemente, die für die Bauelementefunktion erforderlich sind, wie z.B. über Elektroden. Aufgrund der zweiten Isolationsschicht, die erfindungsgemäß aus einem elektrisch isolierenden Material besteht, das beim Entfernen der zweiten Opferschicht nicht angegriffen wird, können diese Elemente rein mechanisch mit der Kappenmembran verbunden werden, unabhängig von den jeweiligen Abmessungen des unbeweglichen Elements. Dies trägt wesentlich zur Stabilität der Kappenmembran bei. Aufgrund der erfindungsgemäßen Maßnahmen kann außerdem oftmals auf zusätzliche reine Stützelemente in der oberflächenmikromechanischen Struktur verzichtet werden, was wesentlich zur Minia-

turisierung des Bauelements beiträgt. Außerdem vereinfacht sich dadurch auch das Design der oberflächenmikromechanischen Struktur.

5 Genauso wie die erste auf dem Substrat aufgebrachte Isolationsschicht kann auch die zweite Isolationsschicht vor dem Aufbringen weiterer Schichten zunächst strukturiert werden. Dabei sollte auch die zweite Isolationsschicht zumindest in den Bereichen der unbeweglichen Elemente verbleiben. Wenn die zweite Opferschicht auf die so strukturierte zweite Isolationsschicht aufgebracht wird und dann in den Bereichen der unbeweglichen Elemente entfernt wird, kann die anschlie-
10 ßend aufgebrachte Membranschicht in diesen Bereichen direkt auf der zweiten Isolationsschicht aufwachsen. Dadurch entsteht eine stabile mechanische Verbindung zwischen den unbeweglichen Elementen und der Membranschicht, die auch beim Entfernen der zweiten Opferschicht nicht angegriffen wird. Durch die zweite Isolationsschicht können unbewegliche Elemente, wie Elektroden, außerdem zu-
15 verlässlich gegen die Membranschicht elektrisch isoliert werden.

Die elektrische Anbindung der oberflächenmikromechanischen Struktur eines erfindungsgemäßen Bauelements mit einer Kappenmembran kann auch über die Membranschicht realisiert werden. In diesem Fall werden bei der Strukturierung
20 der zweiten Isolationsschicht Kontaktlöcher im Bereich der Elektroden erzeugt. Da auch die zweite Opferschicht in diesen Bereichen geöffnet wird, kann die Membranschicht hier unmittelbar auf die Elektroden aufwachsen. Allerdings müssen in diesem Fall bei der Strukturierung der Membranschicht auch Öffnungen erzeugt werden, durch die die elektrische Anbindung der Elektroden an die Membran-
25 schicht von den übrigen Bereichen der Membranschicht elektrisch isoliert wird.

Als Opferschichtmaterial hat sich Siliziumoxid bewährt, da es sich mit Hilfe eines HF-Ätzmediums einfach auch nach Aufbringen weiterer Schichten durch relativ kleine Ätzöffnungen in diesen Schichten wieder entfernen lässt. In Verbindung mit
30 Siliziumoxid als Opferschichtmaterial erweisen sich Siliziumnitrid oder Siliziumcarbid als geeignete Materialien für die Isolationsschichten, da sie zum einen elektrisch isolierend wirken und zum anderen im wesentlichen resistent gegen einen HF-Ätzangriff sind. Besonders gute Ergebnisse lassen sich mit Siliziumnitrid erzielen, dessen Siliziumanteil größer als 42% ist.

Zeichnungen

Wie bereits voranstehend ausführlich erörtert, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu wird einerseits auf die den unabhängigen Patentansprüchen nachgeordneten Patentansprüche und andererseits auf die nachfolgende Beschreibung zweier Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen verwiesen.

10 Fig. 1 zeigt die Schichtstruktur eines erfindungsgemäßen Bauelements vor dem Entfernen der Opferschicht,

Fig. 2 zeigt die in Fig. 1 dargestellte Schichtstruktur nach dem Entfernen der Opferschicht,

15

Fig. 3 zeigt die Schichtstruktur eines weiteren erfindungsgemäßen Bauelements mit einer Kappenmembran vor dem Entfernen der Opferschichten,

20

Fig. 4 zeigt die in Fig. 3 dargestellte Schichtstruktur nach dem Entfernen der Opferschichten und die

Figuren 5a und 5b zeigen zwei verschiedene Möglichkeiten für die elektrische Anbindung der funktionellen Schicht eines erfindungsgemäßen Bauelements mit einer Kappenmembran.

25

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

30 Bei dem in den Figuren 1 und 2 dargestellten Bauelement 1 handelt es sich um ein Sensorelement zum Erfassen von Beschleunigungen. An dieser Stelle sei jedoch nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemäße Lehre nicht auf die Realisierung von Beschleunigungssensoren beschränkt ist. Die erfindungsgemäße Lehre bezieht sich vielmehr ganz allgemein auf Bauelemente

mit einer oberflächenmikromechanischen Struktur, die sowohl bewegliche als auch unbewegliche Elemente umfasst, wie z.B. kapazitive Sensoren.

Der Schichtaufbau des Bauelements 1 umfasst ein Substrat 2, auf dem eine erste elektrisch nicht leitende Isolationsschicht 3 erzeugt wurde. Im hier dargestellten Ausführungsbeispiel wurde eine Siliziumnitridschicht mit einem Siliziumgehalt von über 42% als Isolationsschicht 3 abgeschieden und strukturiert. Über der strukturierten Isolationsschicht 3 wurde dann eine elektrisch leitende Schicht 4 aus Polysilizium abgeschieden und ebenfalls strukturiert. Da dabei keine Verbindung zum Substrat 2 erhalten bleiben sollte, kann die elektrisch leitende Schicht 4 auch mit einem Versatz zur Isolationsschicht 3 strukturiert werden. Diese Leiterbahnschicht 4 dient der elektrischen Anbindung der funktionellen Schicht 6 des Bauelements 1 und dem Herausführen der elektrischen Zuleitungen des Bauelements 1. Die Leiterbahnschicht 4 wird durch eine Siliziumoxidschicht, die im Folgenden als Opferschicht 5 bezeichnet wird, gegen die funktionelle Schicht 6 elektrisch isoliert. Als funktionelle Schicht 6 dient hier eine epitaktisch aufgewachsene Polysiliziumschicht. Eine gezielte elektrische Anbindung der funktionellen Schicht 6 an die Leiterbahnschicht 4 erfolgt über Kontaktlöcher 7 in der Opferschicht.

In der funktionellen Schicht 6 sind bewegliche Elemente 8 definiert, auf die eine Beschleunigung einwirken kann. Die Auslenkungen der beweglichen Elemente 8 werden mit Hilfe von Elektroden 9 erfasst, die über die Leiterbahnschicht 4 und die Isolationsschicht 3 fest mit dem Substrat verbunden sind.

Neben den Elektroden 9 umfasst die in der funktionellen Schicht 6 ausgebildete oberflächenmikromechanische Struktur des Bauelements 1 noch weitere unbewegliche Elemente, nämlich elektrische Anschlüsse für das Bauelement 1 in Form von Bondpads 10 und Verankerungselemente 11, die allein der mechanischen Verankerung der oberflächenmikromechanischen Struktur mit dem Substrat 2 dienen. Genau wie die Elektroden 9 sind auch die Bondpads 10 an die Leiterbahnschicht 4 angeschlossen, während die funktionelle Schicht 6 im Bereich der Verankerungselemente 11 direkt auf der Isolationsschicht 3 aufgewachsen ist. Demnach wurde die Isolationsschicht 3 hier also so strukturiert, dass sie zumindest in den Bereichen der unbeweglichen Elemente 9, 10 und 11 verbleibt. Im Gegensatz

dazu wurde die Opferschicht zumindest in den Bereichen der unbeweglichen Elemente 9, 10 und 11 entfernt.

Sowohl die beweglichen Elemente 8 als auch die unbeweglichen Elemente 9, 10 und 11 der oberflächenmikromechanischen Struktur wurden durch Tieftrenchen in der funktionellen Schicht 6 definiert, was in Fig. 1 dargestellt ist. Dieses Verfahren gewährleistet außerdem die laterale Isolation der einzelnen Elektroden 9 und ermöglicht das nachträgliche Entfernen der Opferschicht 5.

Fig. 2 zeigt das Bauelement 1, nachdem die beweglichen Elemente 8 durch Entfernen der Opferschicht 5 zumindest in den Bereichen der beweglichen Elemente 8 freigelegt worden sind. Das Siliziumoxid der Opferschicht 5 wurde hier mit Hilfe von HF-Dampf entfernt, der das Siliziumoxid über die Trenchgräben 12 in der funktionellen Schicht 6 angreift. Da sowohl das Polysilizium der funktionellen Schicht 6 und der Leiterbahnschicht 4 als auch das Siliziumnitrid der Isolationsschicht 3 gegen einen Ätzangriff durch ein HF-Ätzmedium im Wesentlichen resistent sind, findet bei diesem Ätzangriff weder eine Unterätzung der elektrisch angeordneten Elektroden 9 und Bondpads 10 noch der rein mechanisch verankerten Verankerungselemente 11 statt.

Erfindungsgemäß wurde siliziumreiches Siliziumnitrid als Material für die Isolationsschicht 3 gewählt, da es zum einen nicht elektrisch leitend ist und zum anderen die geringe Ätzrate von Si_xNi_y mit $x > 42\%$ ein selektives Ätzen von Siliziumnitrid gegenüber Siliziumoxid in HF-Dampf ermöglicht. Dadurch bildet die strukturierte Isolationsschicht 3 einen designgesteuerten Ätzstopp für das Opferschicht-ätzen, der längere Ätzzeiten und damit größere Unterätzweiten ermöglicht.

Auch der Schichtaufbau des in den Figuren 3 und 4 dargestellten Bauelements 20 umfasst ein Substrat 2, auf dem eine erste elektrisch nicht leitende Isolationsschicht 3 aus siliziumreichem Siliziumnitrid abgeschieden wurde. Auf die Isolationsschicht 3 wurde eine Siliziumoxidschicht als erste Opferschicht 5 aufgebracht und strukturiert. Über der strukturierten Opferschicht 5 wurde die funktionelle Schicht 6 des Bauelements 20 durch epitaktisches Aufwachsen einer Polysiliziumschicht erzeugt. Auch hier sind in der funktionellen Schicht 6 bewegliche Elemente

8 ausgebildet, auf die beispielsweise eine Beschleunigung einwirken kann. Die Auslenkungen der beweglichen Elemente 8 werden mit Hilfe von Elektroden 9 erfasst, die über die Isolationsschicht 3 mechanisch mit dem Substrat verbunden sind. Dementsprechend wurde die Opferschicht 5 vor dem Aufwachsen der funktionellen Schicht 6 in den Bereichen der Elektroden 9 entfernt. Die elektrische Anbindung der funktionellen Schicht 6 und insbesondere der Elektroden 9 ist in den Figuren 3 und 4 nicht dargestellt. Verschiedene Konzepte hierfür werden in Verbindung mit den Figuren 5a und 5b erörtert.

Im Gegensatz zu dem in den Figuren 1 und 2 dargestellten Bauelement 1 ist bei dem in den Figuren 3 und 4 dargestellten Bauelement 20 eine Kappenmembran in Form einer Membranschicht 23 über der oberflächenmikromechanischen Struktur ausgebildet. Dazu wurde über der strukturierten funktionellen Schicht 6 eine zweite Isolationsschicht 21, hier ebenfalls aus siliziumreichem Siliziumnitrid, abgeschieden und dann in den Bereichen der beweglichen Elemente 8 geöffnet. Über der so strukturierten zweiten Isolationsschicht 21 wurde eine zweite Opferschicht 22 aus Siliziumoxid abgeschieden und beim anschließenden Strukturieren in den Bereichen der unbeweglichen Elemente, also der Elektroden 9, wieder entfernt. Die darauf folgend epitaktisch erzeugte Membranschicht 23 aus Polysilizium ist deshalb in den Bereichen der Elektroden 9 direkt auf der zweiten Isolationsschicht 21 aufgewachsen, während sie von den beweglichen Elementen 8 lediglich durch die zweite Opferschicht 22 getrennt ist, was in Fig. 3 dargestellt ist. Die Membranschicht 23 ist hier also über die Elektroden 9 mit dem Substrat 2 verankert.

Zum Freilegen der beweglichen Elemente 8, die in der funktionellen Schicht 6 durch Trenchgräben 12 definiert sind, müssen sowohl die erste Opferschicht 5 als auch die zweite Opferschicht 22 entfernt werden. Dies erfolgt auch hier wieder mit Hilfe von HF-Dampf, der über entsprechend angeordnete Perforationen 24 in der Membranschicht 23 zunächst die zweite Opferschicht 22 angreift und dann auch die erste Opferschicht 5. Fig. 4 zeigt das Bauelement 20 nach dem Opferschicht-ätzen und, nachdem die Perforationen 24 in der Membranschicht 23 mit einer Versiegelung 25 wieder verschlossen worden sind.

Wie bereits erwähnt, wird siliziumreiches Siliziumnitrid, das im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel als Material für die beiden Isolationsschichten 3 und 21 gewählt wurde, nicht wesentlich durch ein HF-Ätzmedium angegriffen. Deshalb findet bei dem voranstehend beschriebenen Ätzangriff weder eine Ablösung der Membranschicht 23 von der Elektrodenoberfläche noch eine Unterätzung der Elektroden 9 im Bereich des Substrats 2 statt. Auch hier bilden die beiden strukturierten Isolationsschichten 3 und 21 einen designgesteuerten Ätzstopp für das Opferschichtätzen, der längere Ätzzeiten und damit größere Unterätzweiten ermöglicht. Trotz ihrer mechanischen Verbindung sind die Elektroden 9 aber sowohl gegen die Membranschicht 23 - durch die zweite Isolationsschicht 21 - als auch gegen das Substrat 2 - durch die erste Isolationsschicht 3 - elektrisch isoliert.

Durch das erfindungsgemäße Konzept können sämtliche unbeweglichen Elemente der oberflächenmikromechanischen Struktur eines Bauelements – unabhängig von ihren Abmessungen – zum Abstützen einer Membranschicht verwendet werden. Dadurch lässt sich die Stabilität einer derartig gebildeten Kappenmembran ohne zusätzliche reine Stützelemente in der oberflächenmikromechanischen Struktur des Bauelements wesentlich verbessern. Auch dadurch trägt das erfindungsgemäße Konzept zur Miniaturisierung des Bauelements bei.

Die Figuren 5a und 5b zeigen, wie bereits erwähnt, zwei verschiedene Möglichkeiten für die elektrische Anbindung der funktionellen Schicht 6 des in den Figuren 3 und 4 dargestellten Bauelements 20.

Bei der in Fig. 5a dargestellten Variante erfolgt die elektrische Anbindung über eine Leiterbahnschicht 4, die zwischen der ersten Isolationsschicht 3 und der ersten Opferschicht 5 erzeugt worden ist, wie dies in Verbindung mit den Figuren 1 und 2 bereits voranstehend beschrieben worden ist.

Im Gegensatz dazu erfolgt die elektrische Anbindung bei der in Fig. 5b dargestellten Variante über die Membranschicht 23. Dazu steht die Membranschicht 23 über Kontaktlöcher 26 in der zweiten Isolationsschicht 21 in unmittelbarem Kontakt zu den Elektroden 9. Diese Kontaktbereiche 27 der Membranschicht 23 sind jeweils durch einen Isolationstrench 28 von den übrigen Bereichen der Membran-

schicht 23 elektrisch isoliert. Außerdem ist auf der Membranschicht 23 in den Kontaktbereichen 27 jeweils ein Metallanschluss 28 angeordnet.

5

Bezugszeichen

10

- 1 Bauelement
- 2 Substrat
- 3 erste Isolationsschicht
- 4 Leiterbahnschicht
- 5 erste Opferschicht
- 6 funktionelle Schicht
- 7 Kontaktloch
- 8 bewegliches Element
- 9 Elektrode
- 10 Bondpad
- 11 Verankerungselement
- 12 Trenchgraben

15

20

- 20 Bauelement
- 21 zweite Isolationsschicht
- 22 zweite Opferschicht
- 23 Membranschicht
- 24 Perforation
- 25 Versiegelung
- 26 Kontaktloch
- 27 Kontaktbereich
- 28 Isolationstrench
- 29 Metallanschluss

25

30

R. 42291

5

Patentansprüche

1. Bauelement (1) mit einer oberflächenmikromechanischen Struktur, die sowohl bewegliche Elemente (8) als auch unbewegliche Elemente (9, 10, 11) umfasst, wobei

- die oberflächenmikromechanische Struktur in einer funktionellen Schicht (6) ausgebildet ist,
- die funktionelle Schicht (6) über mindestens eine elektrisch nicht leitende erste Isolationsschicht (3) und mindestens eine erste Opferschicht (5) mit einem Substrat (2) verbunden ist und
- die beweglichen Elemente (8) durch Entfernen der ersten Opferschicht (5) freigelegt sind,

dadurch gekennzeichnet, dass die erste Isolationsschicht (3) aus einem Material besteht, das durch den Prozess zum Entfernen der ersten Opferschicht (5) nicht wesentlich angegriffen wird.

2. Bauelement (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der ersten Isolationsschicht (3) und der ersten Opferschicht (5) eine elektrisch leitende Schicht (4) angeordnet ist und dass die elektrisch leitende Schicht (4) strukturiert ist.

3. Bauelement (20) mit einer oberflächenmikromechanischen Struktur, die sowohl bewegliche Elemente (8) als auch unbewegliche Elemente (9) umfasst, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei

- die oberflächenmikromechanische Struktur in einer funktionellen Schicht (6) ausgebildet ist,
- die funktionelle Schicht (6) über mindestens eine erste Opferschicht (5) mit einem Substrat (2) verbunden ist,

- mindestens eine Membranschicht (23) über der oberflächenmikromechanischen Struktur ausgebildet ist,
- die Membranschicht (23) über mindestens ein unbewegliches Element (9) der oberflächenmikromechanischen Struktur mechanisch mit dem Substrat (2) verbunden ist und zwischen dem unbeweglichen Element (9) und der Membranschicht (23) mindestens eine zweite Isolationsschicht (21) ausgebildet ist,
- die beweglichen Elemente (8) der oberflächenmikromechanischen Struktur durch Entfernen der ersten Opferschicht (5) und mindestens einer zweiten Opferschicht (22) freigelegt sind und die zweite Opferschicht (22) zwischen der funktionellen Schicht (6) und der Membranschicht (23) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Isolationsschicht (21) aus einem Material besteht, das durch den Prozess zum Entfernen der zweiten Opferschicht (22) nicht wesentlich angegriffen wird.

4. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Isolationsschicht (3) und/oder die zweite Isolationsschicht (21) strukturiert sind, insbesondere so, dass sie im Wesentlichen nur in den Bereichen der unbeweglichen Elemente (9, 10, 11) ausgebildet sind.

5. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Opferschicht (5) strukturiert ist, so dass sie zumindest in den Bereichen der unbeweglichen Elemente (9, 10, 11) entfernt ist und die funktionelle Schicht (6) in diesen Bereichen in unmittelbarem Kontakt mit der unter der ersten Opferschicht (5) angeordneten Schicht steht.

6. Bauelement nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Opferschicht (22) strukturiert ist, so dass sie zumindest in den Bereichen der unbeweglichen Elemente (9) entfernt ist und die Membranschicht (23) in diesen Bereichen in unmittelbarem Kontakt mit der zweiten Isolationsschicht (21) steht.

7. Bauelement nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei mindestens ein unbewegliches Element der oberflächenmikromechanischen Struktur als Elektrode

(9) ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Elektrode (9) über die Membranschicht (23) elektrisch kontaktierbar ist, indem die zweite Isolationsschicht (21) im Bereich der Elektrode (9) mindestens ein Kontaktloch (26) aufweist, über das die Membranschicht (23) in unmittelbarem Kontakt zur Elektrode (9) steht.

8. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Opferschicht (5) und ggf. die zweite Opferschicht (22) aus Siliziumoxid gebildet sind, das mit Hilfe eines HF-Ätzmediums entfernt wird, und dass die erste Isolationsschicht (3) und ggf. zweite Isolationsschicht (21) aus Siliziumnitrid oder Siliziumcarbid gebildet sind.

9. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Isolationsschicht (3) und ggf. die zweite Isolationsschicht (21) aus Siliziumnitrid gebildet sind, dessen Siliziumanteil größer als 42% ist.

10. Verfahren zum Herstellen eines Bauelements (1) mit einer oberflächenmikromechanischen Struktur, die sowohl bewegliche Elemente (8) als auch unbewegliche Elemente (9, 10, 11) umfasst, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

- bei dem mindestens eine erste elektrisch nicht leitende Isolationsschicht (3) auf ein Substrat (2) aufgebracht wird,
- bei dem mindestens eine erste Opferschicht (5) über der ersten Isolationsschicht (3) erzeugt wird,
- bei dem eine funktionelle Schicht (6) über der ersten Opferschicht (5) erzeugt wird,
- bei dem die oberflächenmikromechanische Struktur des Bauelements (1) in der funktionellen Schicht (6) definiert wird und
- bei dem die beweglichen Elemente (8) durch Entfernen der ersten Opferschicht (5) freigelegt werden,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die erste Isolationsschicht (3) aus einem Material gebildet wird, das durch den Prozess zum Entfernen der ersten Opferschicht (5) nicht wesentlich angegriffen wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Isolationsschicht (3) strukturiert wird, so dass sie zumindest in den Bereichen der unbeweglichen Elemente (9, 10, 11) verbleibt.

5 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Opferschicht (5) strukturiert wird, wobei sie in den Bereichen der unbeweglichen Elemente (9, 10, 11) entfernt wird.

10 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass über der ersten Isolationsschicht (3) eine elektrisch leitende Schicht (4) erzeugt wird und dass die elektrisch leitende Schicht (4) vor dem Erzeugen der ersten Opferschicht (5) strukturiert wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet,
15 - dass über der oberflächenmikromechanischen Struktur mindestens eine zweite Isolationsschicht (21) erzeugt wird,
- dass über der zweiten Isolationsschicht (21) mindestens eine zweite Opferschicht (22) erzeugt wird,
- dass die zweite Opferschicht (22) strukturiert wird, wobei die zweite Opferschicht (22) zumindest im Bereich eines unbeweglichen Elements (9) der oberflächenmikromechanischen Struktur entfernt wird,
20 - dass über der strukturierten zweiten Opferschicht (22) mindestens eine Membranschicht (23) erzeugt wird,
- dass die Membranschicht (23) strukturiert wird, wobei zumindest Öffnungen (24) für das Entfernen der zweiten Opferschicht (22) und ggf. auch der ersten Opferschicht (5) erzeugt werden,
25 - dass zumindest die zweite Opferschicht (22) entfernt wird und
- dass die zweite Isolationsschicht (21) aus einem Material gebildet wird, das durch den Prozess zum Entfernen der zweiten Opferschicht (22) nicht wesentlich angegriffen wird.
30

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Isolationsschicht (21) strukturiert wird, so dass sie im Wesentlichen nur in den Bereichen der unbeweglichen Elemente (9) verbleibt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Opferschicht (22) strukturiert wird, wobei sie zumindest in den Bereichen der unbeweglichen Elemente (9) entfernt wird, so dass die Membranschicht (23) in diesen Bereichen unmittelbar auf die zweiten Isolationsschicht (21) aufgebracht werden kann.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei mindestens ein unbewegliches Element der oberflächenmikromechanischen Struktur als Elektrode (9) ausgebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Strukturierung der zweiten Isolationsschicht (21) mindestens ein Kontaktloch (26) im Bereich der mindestens einen Elektrode (9) erzeugt wird, so dass die Membranschicht (23) in diesem Bereich unmittelbar auf die Elektrode (9) aufgebracht werden kann und die Elektrode (9) auf diese Weise über die Membranschicht (23) kontaktierbar ist.
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Strukturierung der Membranschicht (23) Öffnungen (28) erzeugt werden, durch die die elektrische Anbindung der Elektrode (9) an die Membranschicht (23) von den übrigen Bereichen der Membranschicht (23) elektrisch isoliert wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 18, wobei die erste Opferschicht (5) und ggf. die zweite Opferschicht (22) aus Siliziumoxid gebildet werden, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Isolationsschicht (3) und ggf. die zweite Isolationsschicht (21) aus Siliziumnitrid oder Siliziumcarbid gebildet werden und dass die erste Opferschicht (5) und ggf. die zweite Opferschicht (22) mit Hilfe eines HF-Ätzmediums entfernt werden.

R. 42291

5

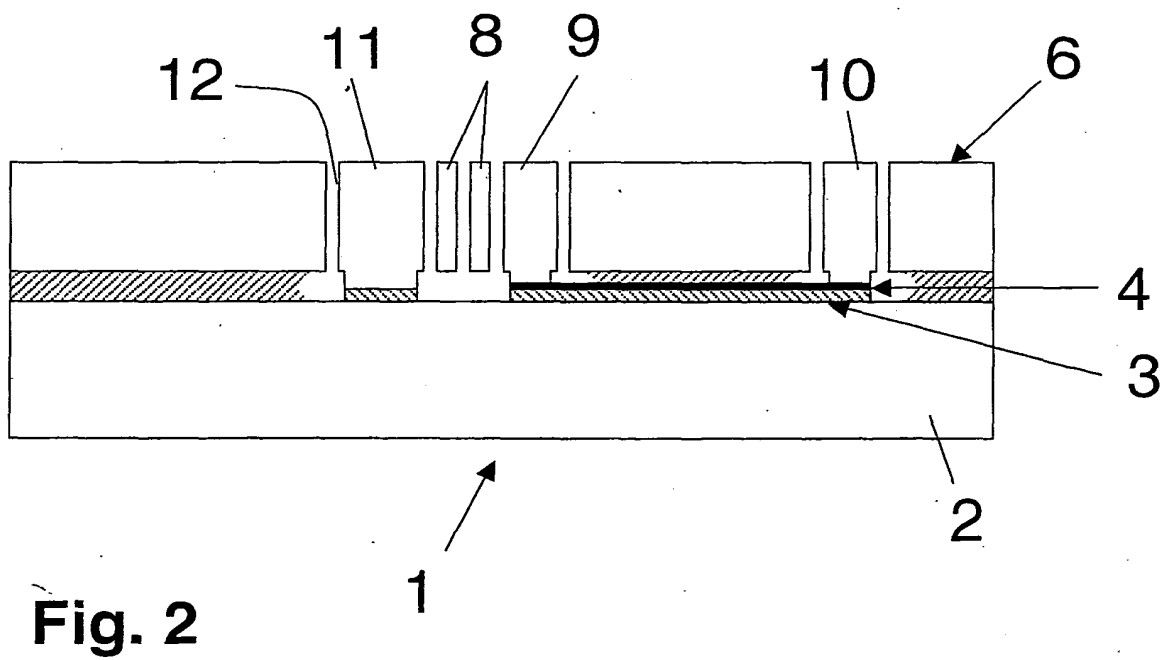
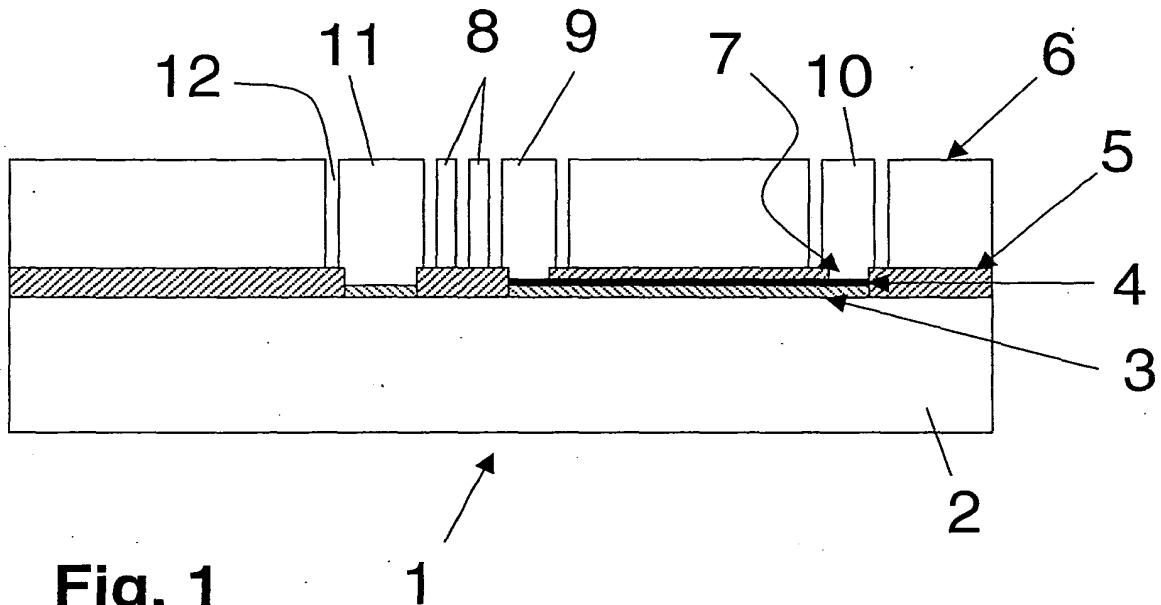
Zusammenfassung

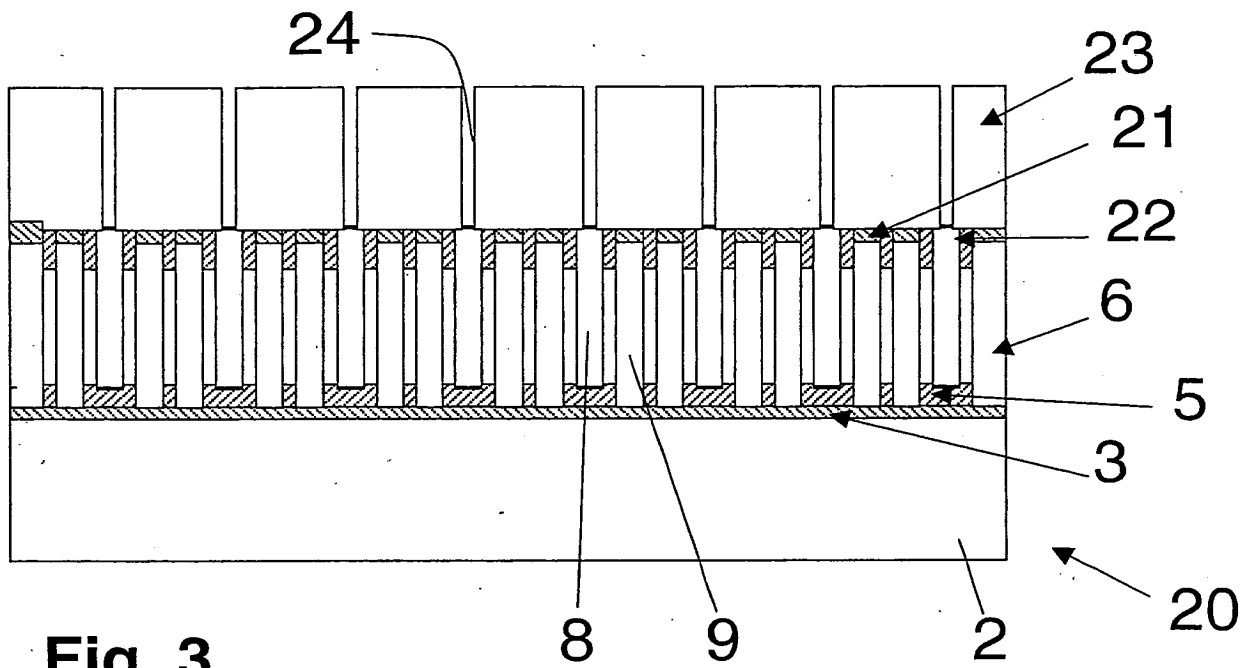
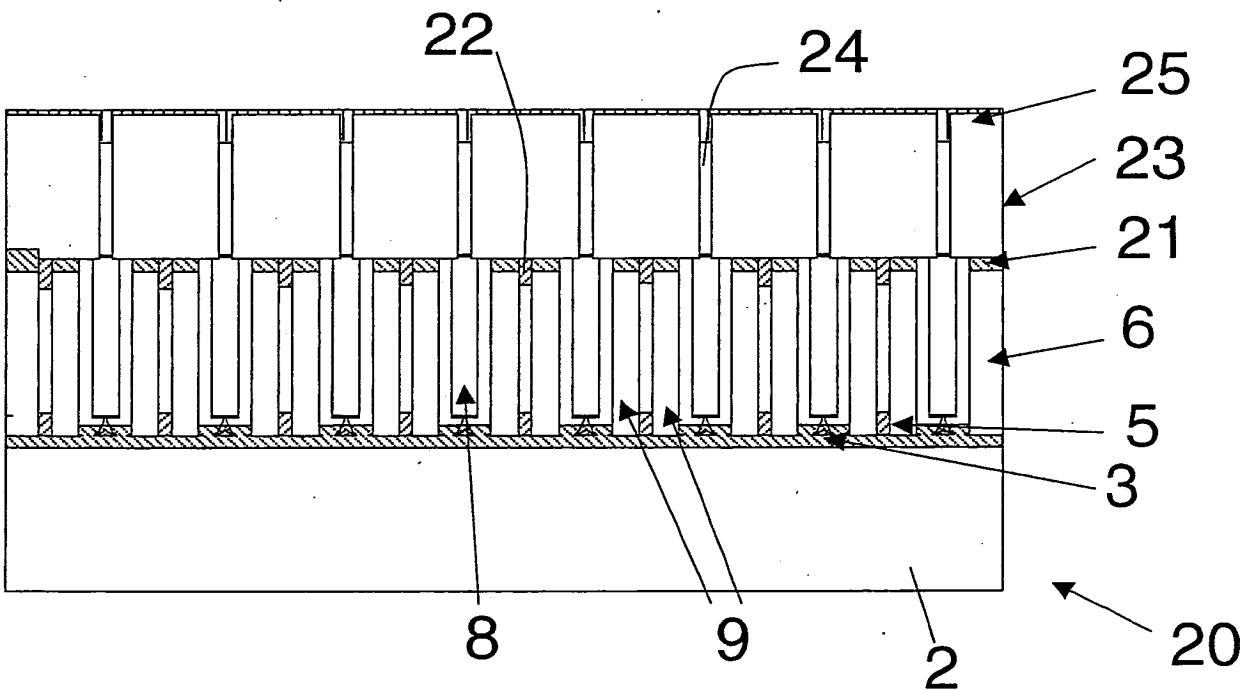
Es werden ein Bauelement (1) mit einer oberflächenmikromechanischen Struktur, die sowohl bewegliche Elemente (8) als auch unbewegliche Elemente (9, 10, 11) umfasst, sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung vorgeschlagen.

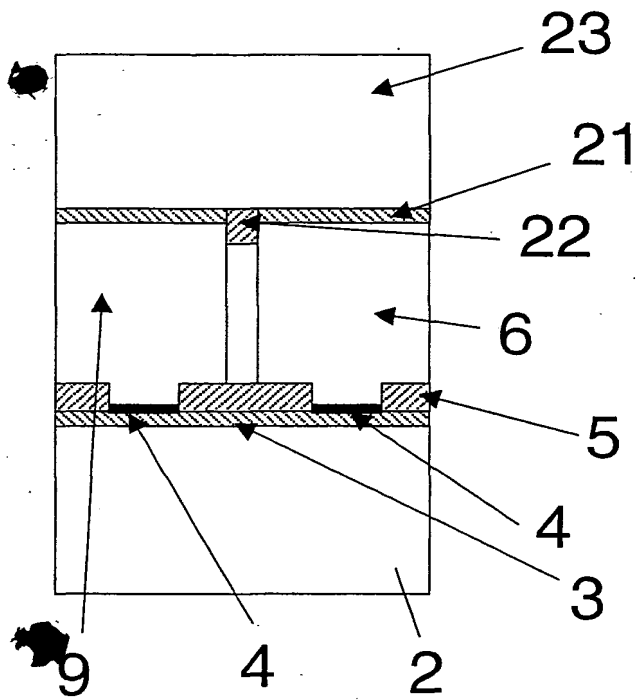
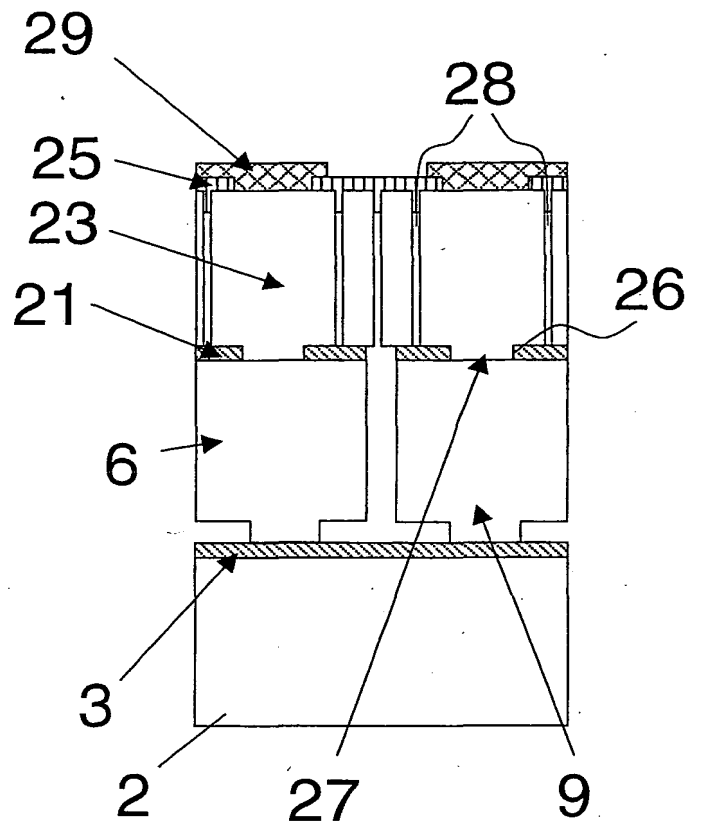
Die oberflächenmikromechanische Struktur des Bauelements (1) wird in einer funktionellen Schicht (6) ausgebildet, die über mindestens eine elektrisch nicht leitende erste Isolationsschicht (3) und mindestens eine erste Opferschicht (5) mit einem Substrat (2) verbunden ist. Die beweglichen Elemente (8) der oberflächenmikromechanischen Struktur werden durch Entfernen der ersten Opferschicht (5) freigelegt.

Erfindungsgemäß besteht die erste Isolationsschicht (3) aus einem Material, das durch den Prozess zum Entfernen der ersten Opferschicht (5) nicht wesentlich angegriffen wird. Dadurch kann das Entfernen der Opferschicht designgesteuert begrenzt werden. Gleichzeitig wird dadurch eine zuverlässige elektrische Isolation der oberflächenmikromechanischen Struktur gegen das Substrat des Bauelements und eine zuverlässige mechanische Verankerung von unbeweglichen Elementen der oberflächenmikromechanischen Struktur mit dem Substrat gewährleistet.

25 (Fig. 2)



**Fig. 3****Fig. 4**

**Fig. 5a****Fig. 5b**